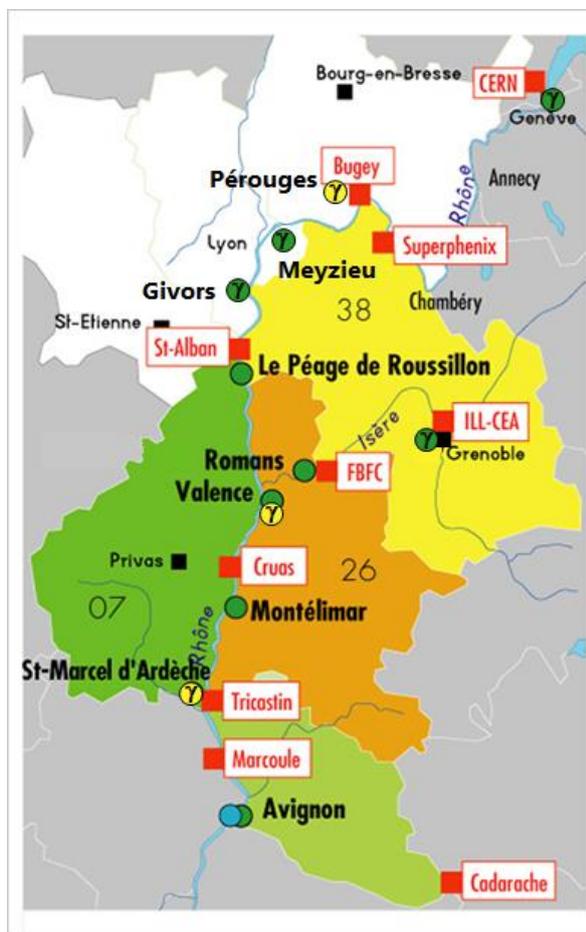


SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE ATMOSPHERIQUE ET AQUATIQUE

RESEAU DE BALISES CRIIRAD

Rapport N° 23-29

RAPPORT TRIMESTRIEL
JUILLET-AOUT-SEPTEMBRE 2023



- Balises d'air en fonctionnement
- Sondes Gamma
- Sondes de spectrométrie Gamma
- Balise d'eau d'Avignon
- Installations nucléaires



Communes du réseau Montilien

Document réalisé par le **laboratoire de la CRIIRAD**
pour les partenaires du **réseau de balises**

SOMMAIRE

SOMMAIRE	2
SYNTHESE – FONCTIONNEMENT DU RESEAU DE BALISES CRIIRAD	3
I/ Synthèse des résultats / Taux de fonctionnement par système de détection - Troisième trimestre 2023	3
II/ A signaler au cours du trimestre	3
RESULTATS DES CONTROLES AUTOMATIQUES EN CONTINU	6
I/ Surveillance en continu du débit de dose gamma ambient	6
II/ Surveillance en continu de la radioactivité atmosphérique	9
III/ Surveillance en continu de la radioactivité de l'eau du Rhône	12
RESULTATS DES CONTROLES EN DIFFERE AU LABORATOIRE DE LA CRIIRAD	13
I/ Résultats des analyses de filtres par spectrométrie gamma	13
II/ Résultats des analyses de cartouches par spectrométrie gamma	13
III/ Résultats des analyses du prélèvement trimestriel de l'eau du Rhône	14
EN SAVOIR PLUS sur les balises	15
FOCUS : COMMENT PASSER DES BQ/M² AU DEBIT DE DOSE AMBIANT ?	16
LABORATOIRE CRIIRAD	23

	EMETTEUR	APPROBATION
Nom - Fonction	J. Motte (responsable du service balises)	J. Syren (responsable du service radon)
Date	22/11/2023	22/11/2023
Signature		

SYNTHESE – FONCTIONNEMENT DU RESEAU DE BALISES CRIIRAD

I/ Synthèse des résultats / Taux de fonctionnement par système de détection - Troisième trimestre 2023

Aucune anomalie radiologique n'a été mise en évidence au cours du troisième trimestre 2023.

BALISE DETECTION	Pérourges	Péage-de-Roussillon	Romans-sur-Isère	Valence	Montélimar
Alpha/Bêta (Air)		 85%	 99,8%	 99%	 99,1%
Iode (Air)			 99,8%	 99%	 99,1%
Gamma (Air)	 97%			 99%	

Légende

	90 %	Aucune contamination détectée / Taux de fonctionnement*
	90 %	Contamination détectée / Taux de fonctionnement*
		Problème technique ponctuel ou maintenance

BALISE DETECTION	Genève	Grenoble	Meyzieu	Givors	Avignon Air	Avignon Eau
Alpha/Bêta (Air)					 100%	
Iode (Air)					 100%	
Gamma (Air)						
Spectrométrie Gamma (Air)	 13%	 100,0%	 100%	 100%		
Gamma (Eau)						 99,8%

Légende

	90 %	Aucune contamination détectée / Taux de fonctionnement*
	90 %	Contamination détectée / Taux de fonctionnement*
		Problème technique ponctuel ou maintenance

* Le taux de fonctionnement trimestriel calculé pour chaque dispositif de mesure correspond au rapport du nombre d'heures de fonctionnement de ce dispositif par le nombre total d'heures écoulées durant le trimestre (si le nombre d'heures de dysfonctionnement ou d'arrêt est inférieur à 2 heures pour la totalité du trimestre, le taux de fonctionnement est pris égal à 100%).

II/ A signaler au cours du trimestre

- **Remise en service de la sonde de spectrométrie gamma de Genève** : suite à un dysfonctionnement de la transmission des données du dispositif à la centrale de supervision, liée à des anomalies du réseau de l'opérateur téléphonique, la sonde avait été démontée par la CRIIRAD le 6 avril et testée dans ses locaux (voir bulletin précédent). Le constructeur est également intervenu dans les locaux de la CRIIRAD pour vérifier le bon fonctionnement du dispositif le **4 août**. La Ville de Genève, qui a changé d'opérateur pour sa flotte de téléphonie mobile, a pu mettre à disposition de la CRIIRAD une nouvelle carte SIM. Le laboratoire de la

CRIIRAD est intervenu dans le cadre d'une intervention spécifique le **19 septembre** pour remettre en service le dispositif qui est désormais opérationnel.

- **Arrêts de l'alimentation électrique aux balises** : au cours du trimestre, des arrêts de l'alimentation électrique se sont produits à douze reprises à la balise de Valence (les 16, 18, 25 et 31 juillet, les 9, 17, 22 et 23 août ainsi que les 3, 5, 13 et 29 septembre), à sept reprises à la balise de Montélimar (les 12, 16, 19, 20, 24 et 31 juillet ainsi que le 28 août), à 2 reprises à la balise de Romans-sur-Isère (le 19 août et le 29 septembre) ainsi qu'à une reprise à la balise aquatique d'Avignon (le 23 juillet). Aucun de ces arrêts, d'une durée inférieure à 3 heures, n'a nécessité de déplacement d'un technicien sur site.

Un arrêt de l'alimentation électrique s'est produit de manière prolongée dans le local de la sonde gamma de Pérouges suite à des travaux électriques, entre le 19 août 14h et le 22 août 11h. A la demande de la CRIIRAD, les services techniques de la Ville sont intervenus dans le local afin de rétablir l'alimentation électrique qui avait été coupée pour les travaux.

- **Absence de communication à la balise de Montélimar** : un arrêt de communication avec la centrale de gestion est survenu à la balise de Montélimar le 18 août. Une intervention du laboratoire de la CRIIRAD a été nécessaire pour rétablir la communication (remplacement de l'onduleur du modem qui était hors service). A noter que la réinitialisation de l'électronique a entraîné par la suite une absence de données pendant une période inférieure à 2 heures.

- **Fonctionnement de la balise de Péage-de-Roussillon** : le Département de l'Isère a décidé en 2018 de ne plus contribuer au financement du réseau de balises, ce qui a entraîné une diminution du budget de fonctionnement de la balise de Péage de Roussillon. Ceci a conduit la CRIIRAD à alléger le dispositif de surveillance de la balise à partir de début 2019. L'unité de détection de l'iode radioactif sous forme gazeuse a été arrêtée¹ pour les 2 balises et les analyses mensuelles en différé du filtre à aérosols au laboratoire de la CRIIRAD l'ont été également au cours du premier trimestre. Les filtres sont tout de même conservés au laboratoire de la CRIIRAD et pourraient être analysés ultérieurement si nécessaire². La contribution de la communauté de communes Entre Bièvre et Rhône ainsi que le recours aux fonds propres de la CRIIRAD permettent de poursuivre la surveillance en continu de la radioactivité des aérosols (unité de détection alpha/bêta (air)) pour la balise. Le laboratoire de la CRIIRAD est intervenu à 4 reprises au cours du trimestre pour remettre en fonctionnement la climatisation du local qui avait disjoncté suite à des orages le **12 juillet**, ainsi que les **1^{er}, 6 et 12 septembre** pour gérer une panne de la pompe d'aspiration de l'air extérieur (voir paragraphe suivant).

- **Panne de la pompe principale d'aspiration de l'air extérieur à la balise de Péage-de-Roussillon** :

Cette panne a été détectée le 1^{er} septembre par le technicien d'astreinte suite à une alarme de la voie débit de la pompe. Le technicien qui s'est rendu sur place immédiatement a constaté l'arrêt de la pompe et a pu mettre en sécurité la balise. Les techniciens du laboratoire CRIIRAD sont intervenus sur site le 6 septembre pour démonter la pompe et la confier à une société prestataire pour réparations. La pompe a de nouveau pu

¹ L'arrêt de cette surveillance permet des économies importantes car il n'est plus nécessaire d'intervenir chaque semaine pour remplacer la cartouche à charbon actif. Mais en conséquence, la CRIIRAD ne sera plus en capacité de déterminer l'activité volumique de l'iode 131 gazeux. La fonction d'alerte reste activée en cas d'augmentation de l'activité des aérosols émetteurs bêta et alpha, mais elle est dégradée par rapport au fonctionnement antérieur.

² Les filtres seront analysés systématiquement en cas d'alarme sur les mesures directes.

être remise en fonctionnement le 12 septembre dans le cadre d'une nouvelle intervention spécifique sur site du laboratoire de la CRIIRAD. Aucune valeur n'a été mesurée par la balise pendant cette période d'arrêt.

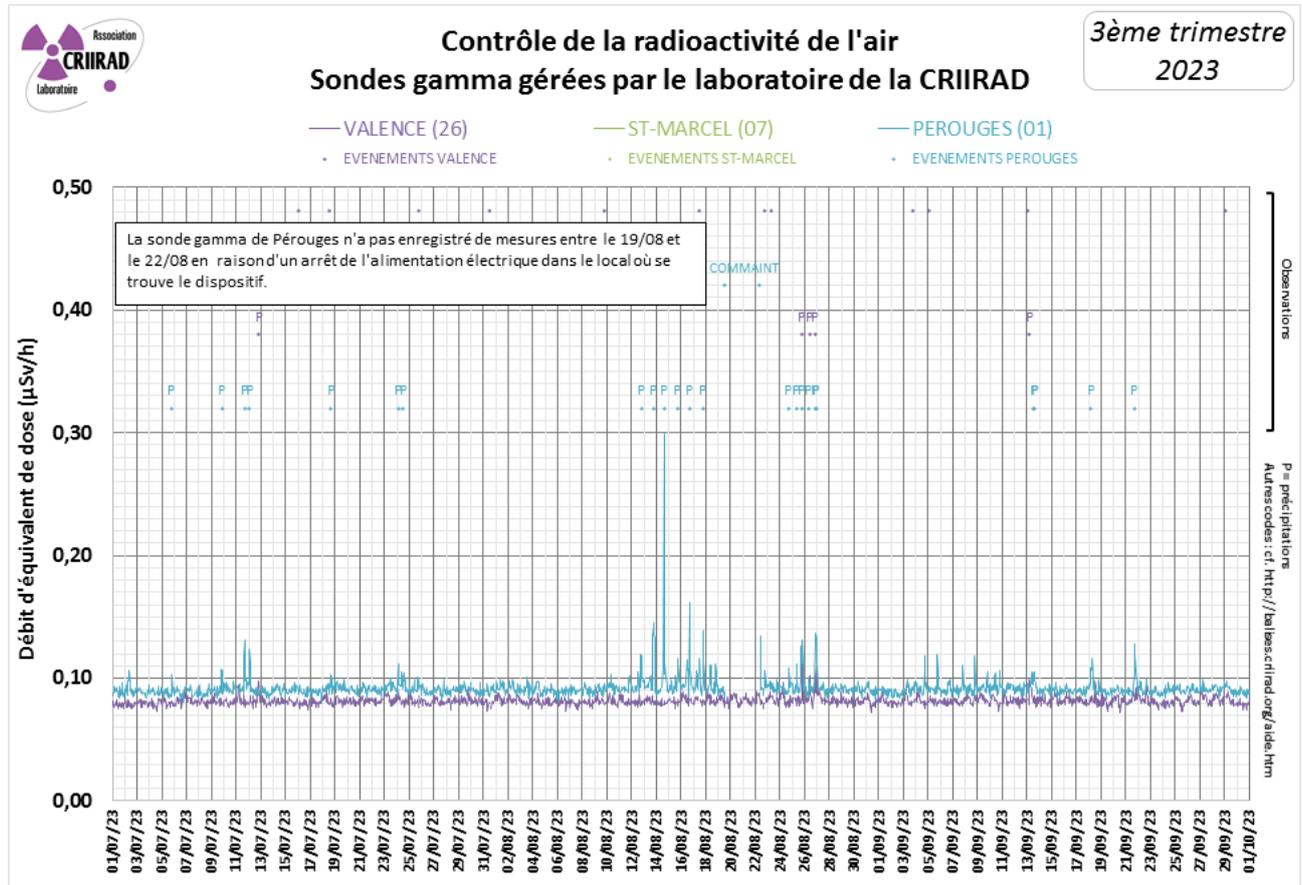
- **Fonctionnement de la balise de Saint-Marcel d'Ardèche** : suite au désengagement du Département de l'Ardèche en 2018, la CRIIRAD a adapté la surveillance de la balise sur le modèle de la balise du Péage-de-Roussillon présenté dans le paragraphe précédent. Fin 2022, la communauté de communes DRAGA Du Rhône à l'Ardèche, qui participait également au financement du fonctionnement, a décidé de se désengager du partenariat qu'elle avait mis en place avec la CRIIRAD depuis 2013. Ceci a conduit la CRIIRAD à alléger davantage le dispositif de surveillance à partir de 2023. Après avoir arrêté en 2019 l'unité de détection de l'iode radioactif sous forme gazeuse, le laboratoire de la CRIIRAD a mis à l'arrêt le 2 janvier 2023 l'unité de détection de la radioactivité dans les aérosols, ne laissant fonctionner que la sonde de mesure en continu du niveau du rayonnement gamma ambiant³. Suite à un épisode orageux le 9 juin, l'alimentation de l'électronique de la balise (en particulier de la sonde) est hors service. Compte tenu du coût de la pièce à remplacer et du financement du dispositif sur les seuls fonds propres de la CRIIRAD, la sonde est actuellement à l'arrêt, dans l'attente de la mise en place d'un financement pérenne pour son fonctionnement.

³ L'arrêt de cette surveillance permet des économies substantielles car il n'est plus nécessaire d'intervenir à la balise pour le remplacement de la cartouche à charbon actif et du filtre aérosols. Une intervention annuelle (hors dysfonctionnement ponctuel) est a priori suffisante pour vérifier le bon fonctionnement de la sonde gamma avec le technicien prestataire. La fonction d'alerte reste activée en cas d'augmentation du taux de radiation gamma ambiant par rapport au fonctionnement antérieur.

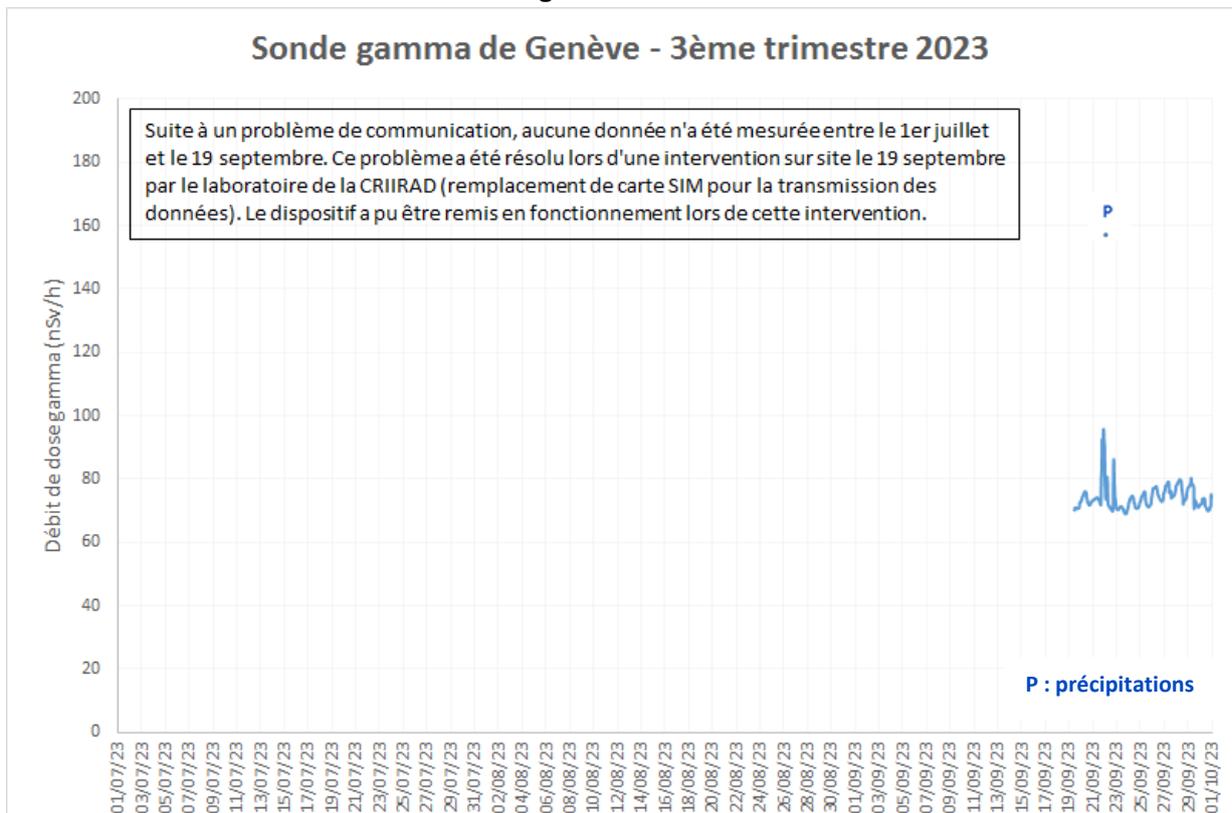
RESULTATS DES CONTROLES AUTOMATIQUES EN CONTINU

Les codes employés dans les graphiques ci-après sont explicités en annexe.

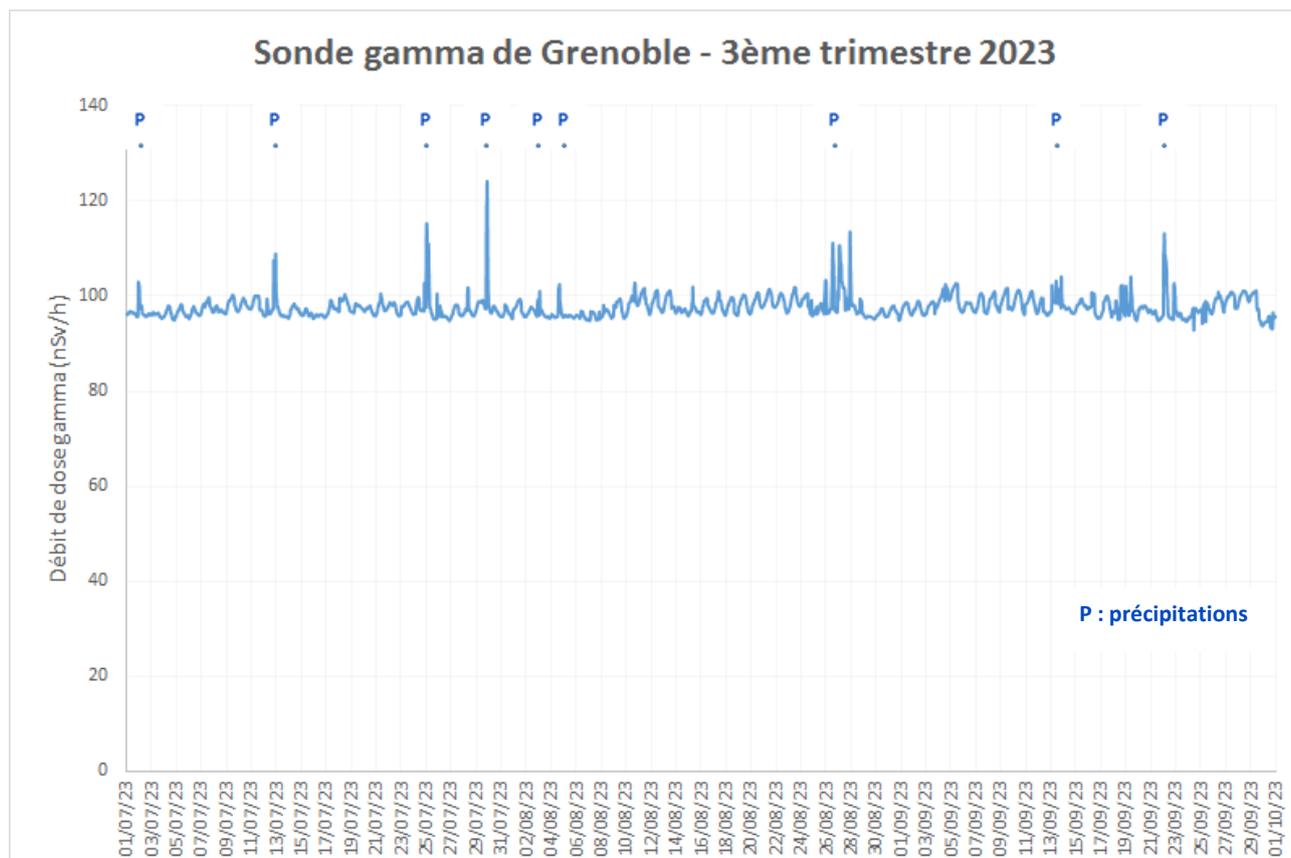
I/ Surveillance en continu du débit de dose gamma ambiant



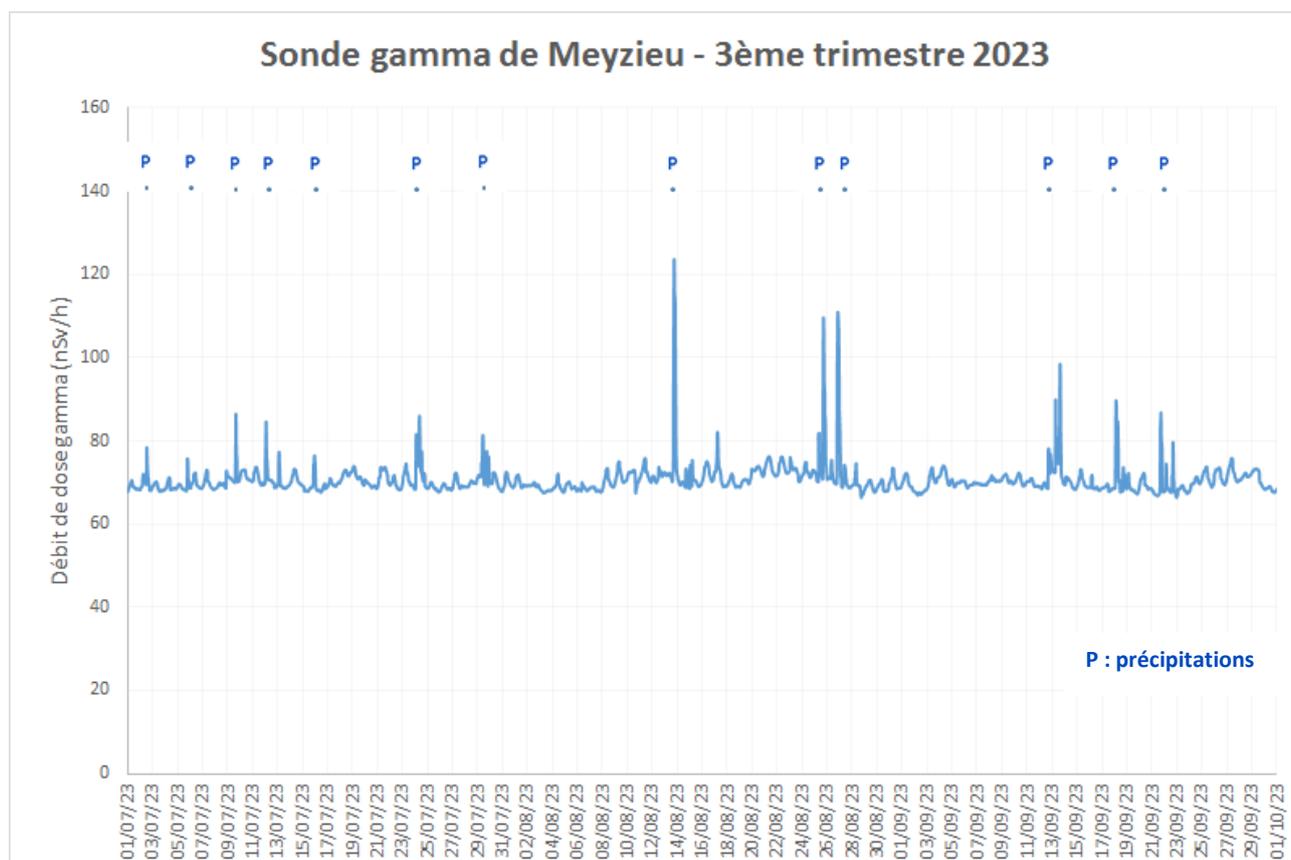
Débit de dose gamma ambiant à Genève



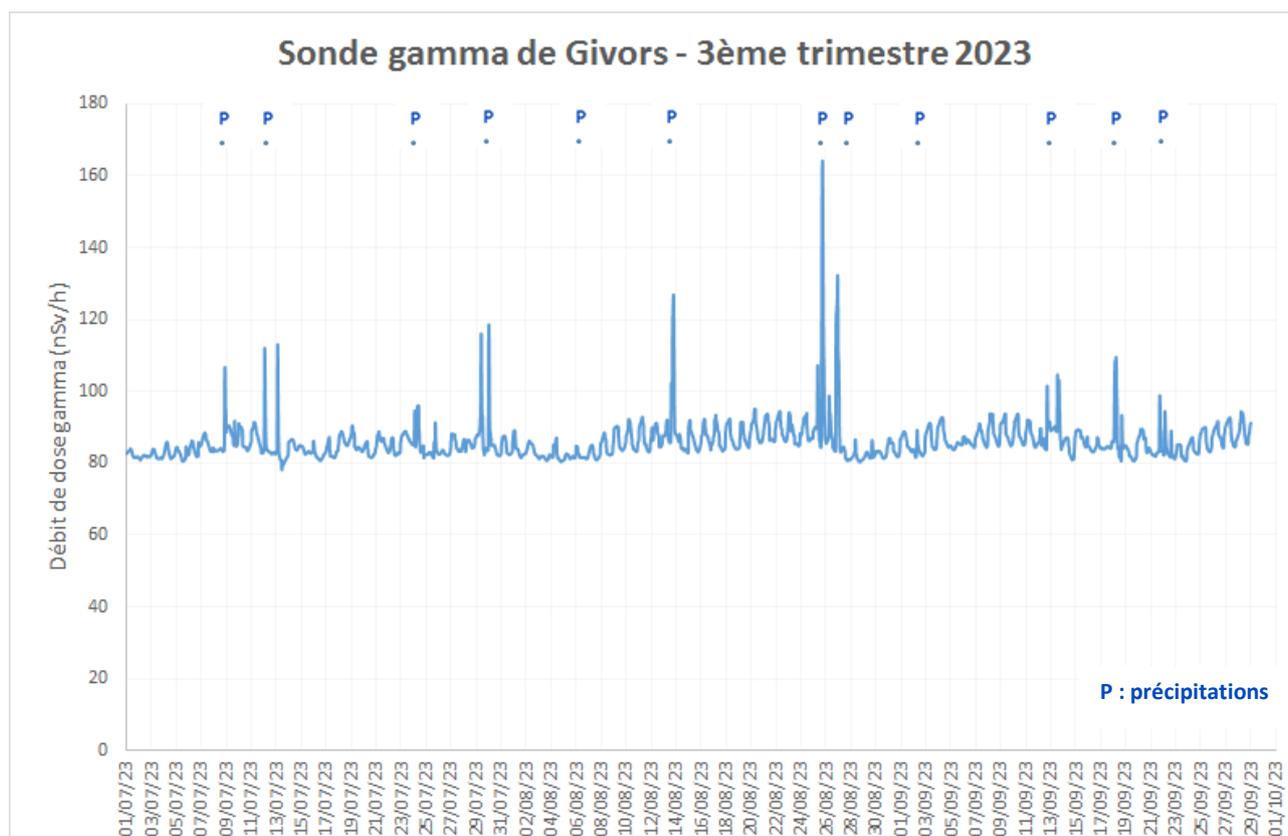
Débit de dose gamma ambient à Grenoble



Débit de dose gamma ambient à Meyzieu



Débit de dose gamma ambient à Givors



Commentaires

Les débits de dose instantanés sont restés dans une gamme de variation normale pour les 6 sondes de mesure. Sur les secteurs de **Valence, Pérouges, Genève, Grenoble, Meyzieu et Givors**⁴, le bruit de fond naturel moyen est classiquement de **0,07 à 0,10 $\mu\text{Sv/h}$** (ou de **70 à 100 nSv/h**).

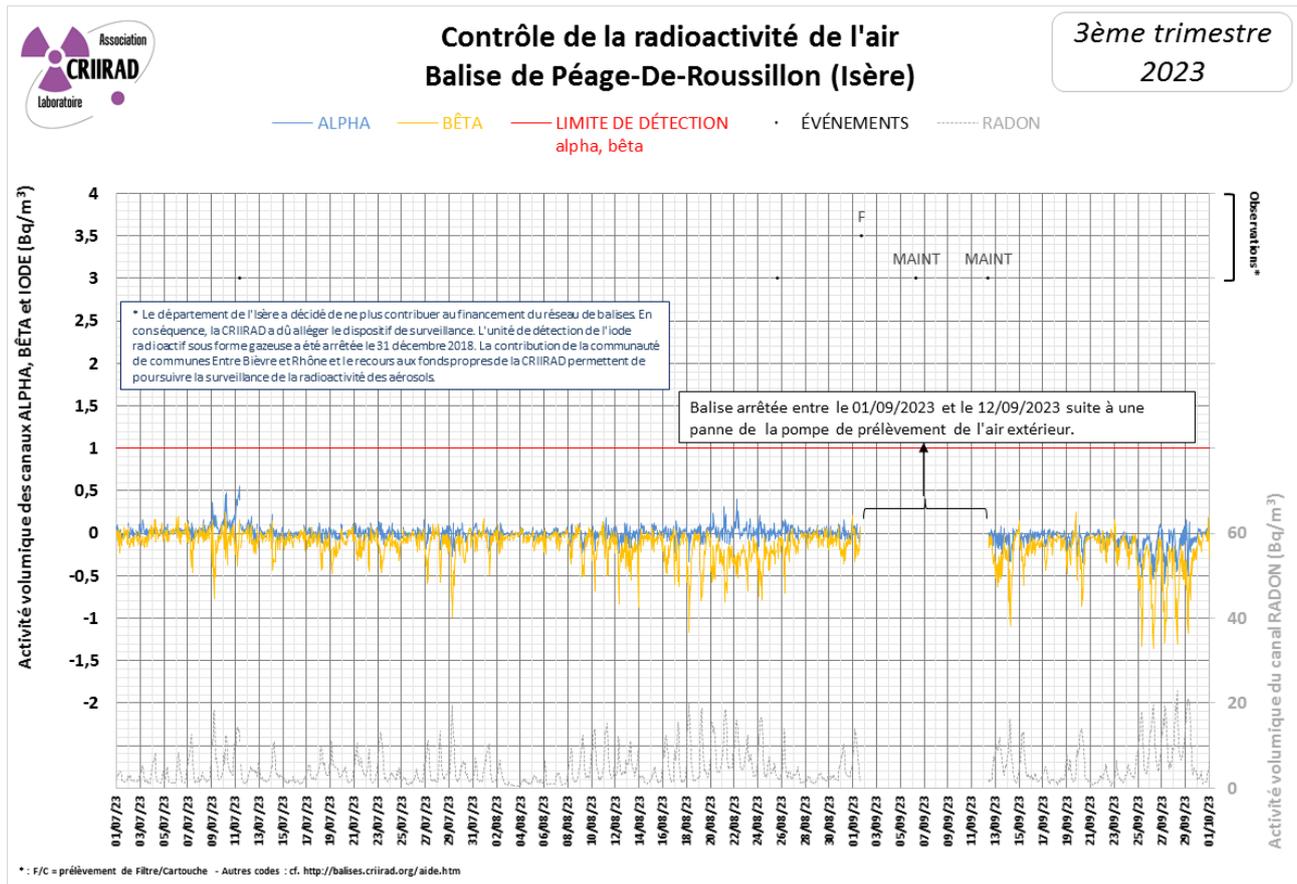
Les fluctuations les plus importantes ont été observées lors d'épisodes de précipitations. Les plus notables sont survenues les 2, 12, 25 et 29 juillet (notamment 0,124 $\mu\text{Sv/h}$ ou 124 nSv/h à Grenoble), les 3 et 13 août (notamment 0,123 $\mu\text{Sv/h}$ ou 123 nSv/h à Meyzieu), le 14 août (notamment 0,29 $\mu\text{Sv/h}$ à Pérouges), le 25 août (notamment 0,11 $\mu\text{Sv/h}$ à Valence et 0,164 $\mu\text{Sv/h}$ ou 164 nSv/h à Givors), ainsi que les 13 et 21 septembre (notamment 0,096 $\mu\text{Sv/h}$ ou 96 nSv/h à Genève). Lors de ces épisodes, les descendants radioactifs émetteurs gamma⁵ du radon 222 naturellement présents dans l'air sont lessivés et rabattus au sol, ce qui entraîne une augmentation de courte durée du débit de dose.

⁴ A noter que la sonde gamma de Saint-Marcel d'Ardèche est actuellement arrêtée et n'a donc enregistré aucune mesure au cours du trimestre (voir page 5).

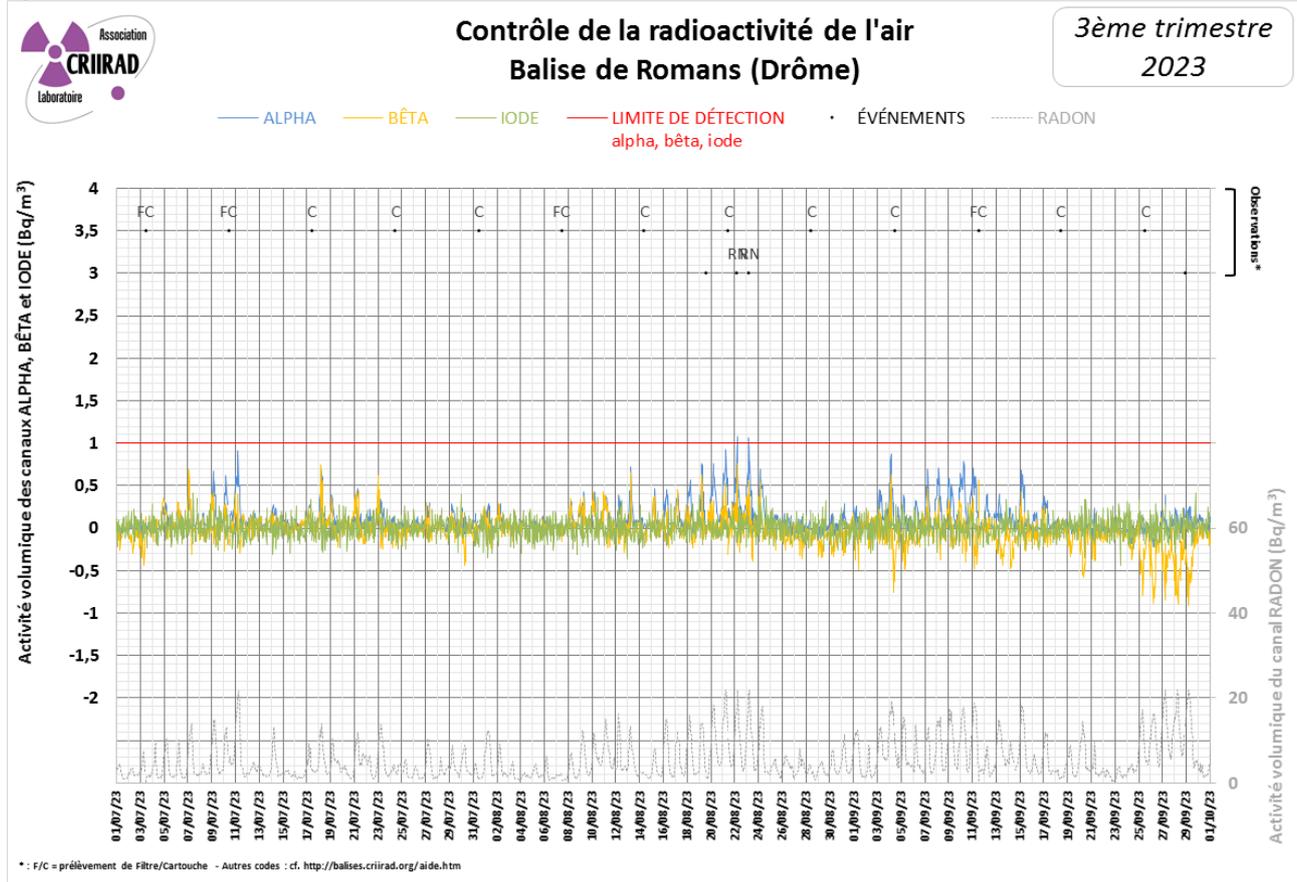
⁵ Plomb 214 et Bismuth 214 de périodes physiques égales respectivement à 27 minutes et à 20 minutes.

II/ Surveillance en continu de la radioactivité atmosphérique

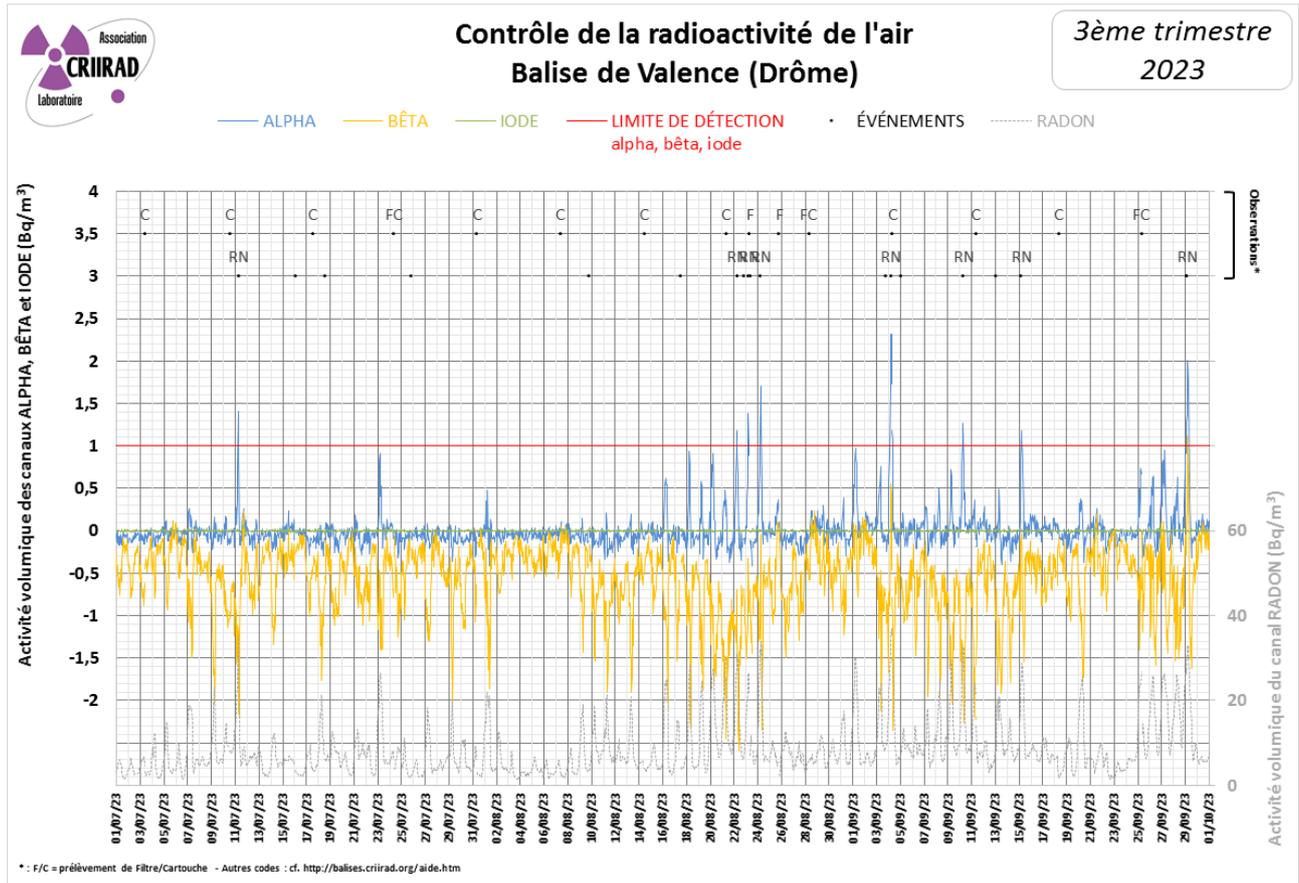
A/ Balise de Péage de Roussillon



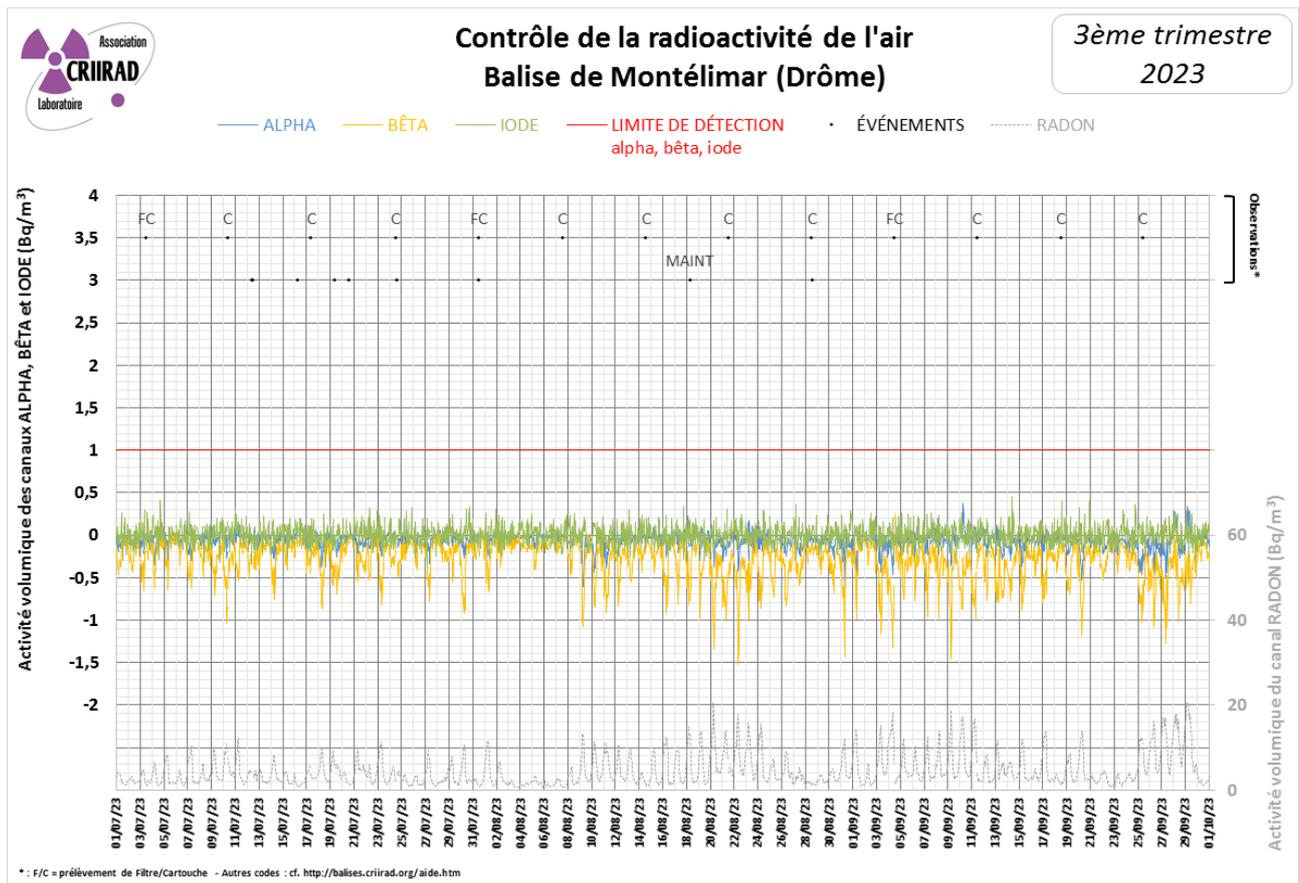
B/ Balise de Romans-sur-Isère

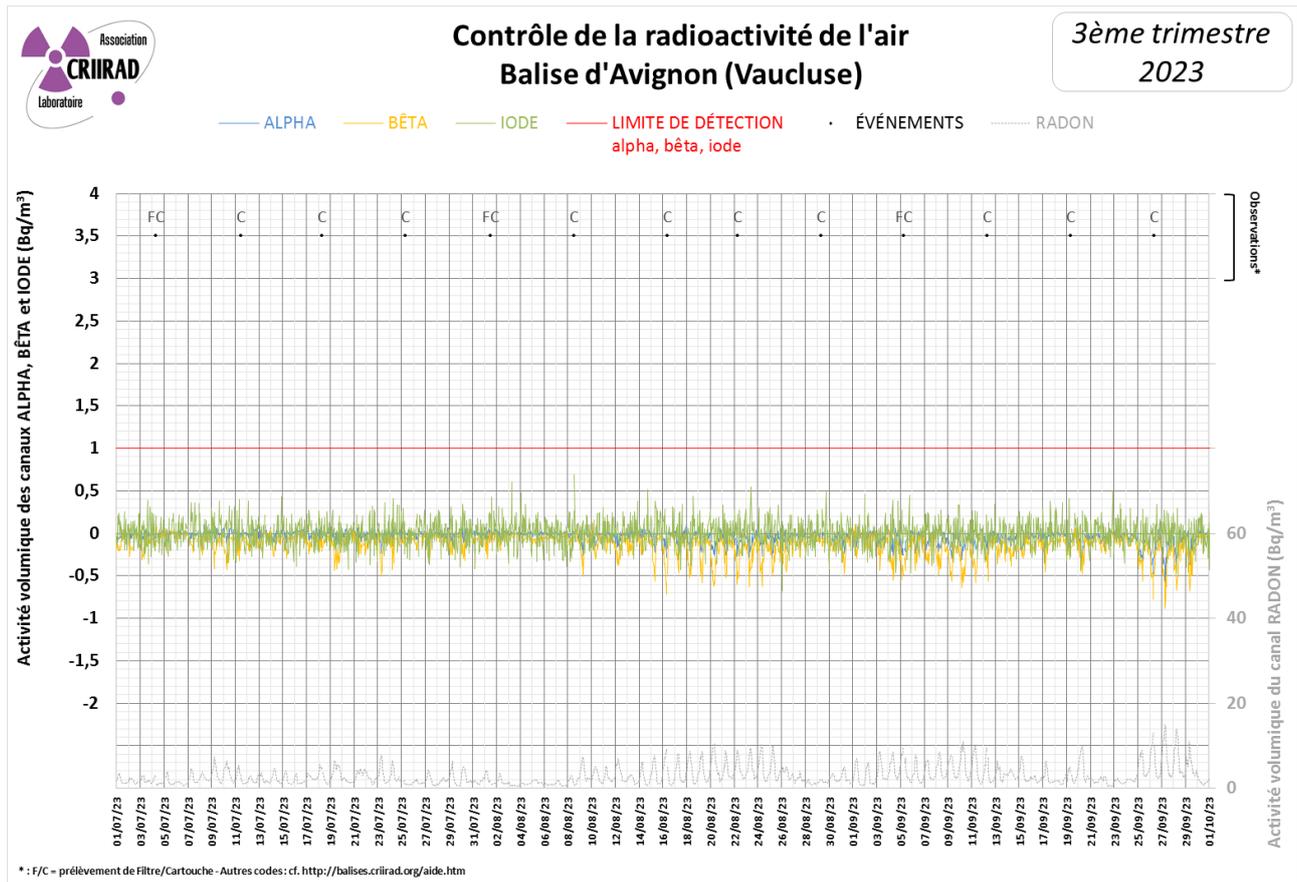


C/ Balise de Valence



D/ Balise de Montélimar





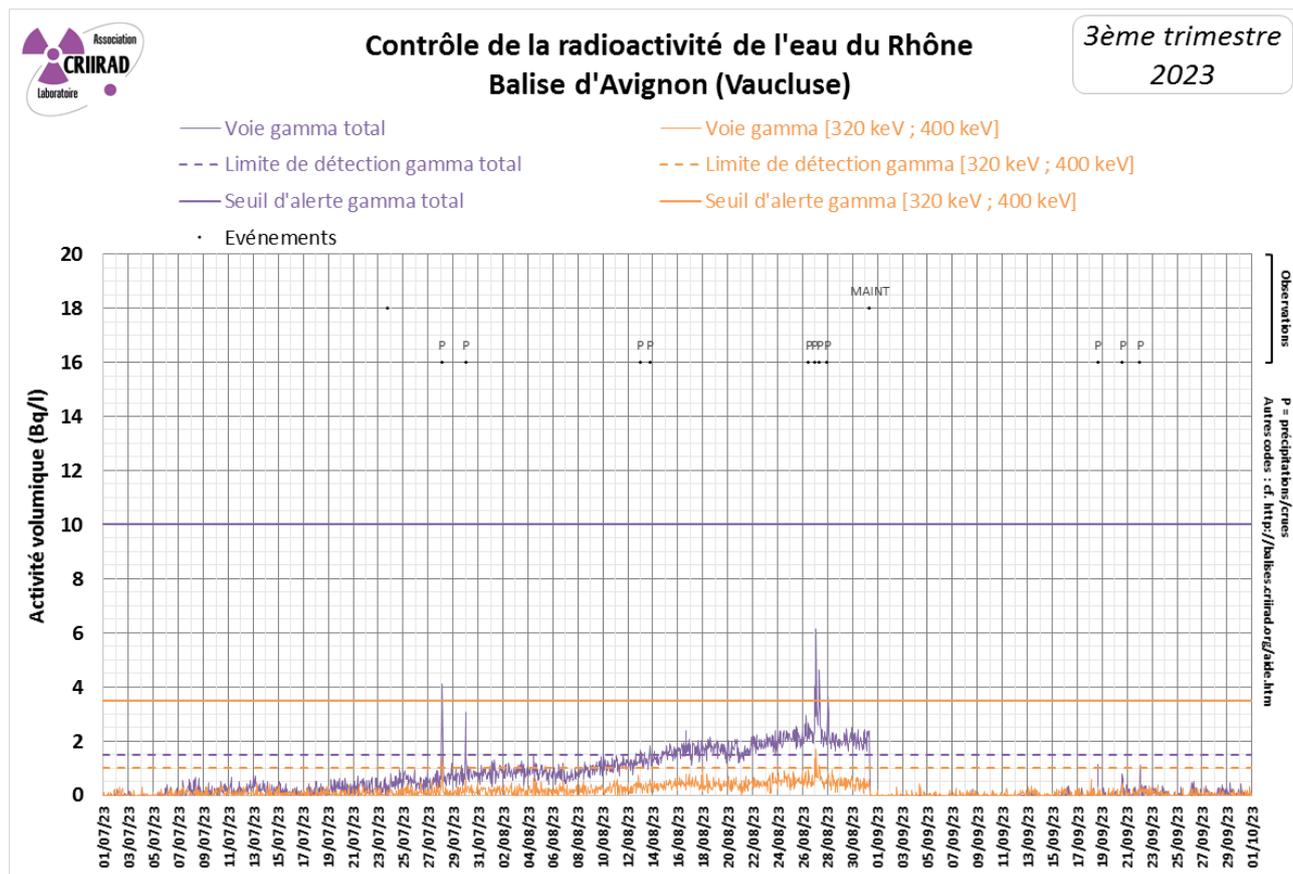
Commentaires

Aucune anomalie radiologique n'a été enregistrée par les balises de surveillance de la radioactivité atmosphérique.

A noter que la limite de détection (1 Bq/m³) a été dépassée à sept reprises (voir graphique en page 9) au cours du trimestre sur les voies alpha et/ou bêta direct de la balise atmosphérique de **Valence** (le 11 juillet, les 22, 23 et 24 août, les 4, 10, 15 et 29 septembre) et à 2 reprises à celle de **Romans-sur-Isère** (les 22 et 23 août). Le laboratoire de la CRIIRAD a pu vérifier que ces dépassements n'étaient pas liés à une contamination, mais à des pics d'activité volumique en radon⁶ (des activités volumiques maximales en radon de 37 Bq/m³ et de 22 Bq/m³ ont été par exemple mesurées respectivement à Valence le 4 septembre et à Romans-sur-Isère le 22 août).

⁶ Il faut savoir que les voies alpha, bêta direct et radon sont mesurées par un seul détecteur. Un paramétrage fin permet de discriminer les impulsions mesurées par ce détecteur et de les imputer aux différentes voies : alpha artificiel, bêta artificiel direct, radon (naturel). Ce paramétrage est réglé de manière optimale pour de faibles concentrations en radon (généralement les concentrations mesurées sont inférieures à 10 Bq/m³). Mais lors des pics de radon, il peut arriver que la discrimination ne s'effectue plus de manière correcte. La CRIIRAD intervient régulièrement pour optimiser le réglage mais il est difficile d'anticiper les conditions météorologiques à l'origine des fluctuations des concentrations en radon.

III/ Surveillance en continu de la radioactivité de l'eau du Rhône



Commentaires

Le graphique présente l'activité volumique (Bq/l), de l'eau du Rhône passant dans la cuve de la balise : pour la voie « gamma total » (de 100 à 2 000 keV) et la région « 320-400 keV » centrée autour de l'énergie gamma de l'iode 131 (364,5 keV). Cette région inclut également l'énergie gamma du plomb 214 (352 keV) descendant du radon 222 naturel, d'où les interférences possibles.

Des dépassements de la limite de détection (1,5 Bq/l) ont été observés de façon ponctuelle sur la voie gamma total, le 28 juillet et le 27 août et le 30 juillet (activité maximale : 6 Bq/l le 27 août) et de façon quasi-continue entre les 15 et 31 août. Des dépassements de la limite de détection (1 Bq/l) ont également été observés de façon ponctuelle sur la voie de mesure gamma centrée sur la fenêtre d'énergie [320keV ; 400keV] le 28 juillet et le 27 août (activité maximale : 1,7 Bq/l mesurée le 27 août).

La présence accrue de radionucléides naturels lors des épisodes pluvieux ou crues du Rhône engendre des augmentations de la charge en émetteurs gamma.

C'est le cas notamment pour les dépassements ponctuels observés les 28 et 30 juillet ainsi que le 27 août. Ceci est lié à la désintégration des descendants émetteurs gamma du radon.

Concernant la période de dépassements quasi continus sur la voie gamma total, entre les 15 et 31 août, le débit et la charge du Rhône étaient particulièrement élevés suite à plusieurs épisodes pluvio-orageux qui ont entraîné une accumulation importante de sédiments dans le fond de la cuve.

Le laboratoire de la CRIIRAD est intervenu sur site le 31 août pour nettoyer la cuve de comptage de ces sédiments.

RESULTATS DES CONTROLES EN DIFFERE AU LABORATOIRE DE LA CRIIRAD

I/ Résultats des analyses de filtres par spectrométrie gamma

Media filtrant	Station	Air échantillonné		Date de prélèvement	Date d'analyse	Césium 137 (microBq/m ³)	Césium 134 (microBq/m ³)	Autres radionucléides artificiels émetteurs gamma* (microBq/m ³)
		du	au					
Filtre à aérosols (piégeage des poussières atmosphériques)	Romans	12/06/23 10:29	10/07/23 09:48	10/07/2023	10/07/23	< 10,0	< 14,0	< LD
	Romans	10/07/23 10:02	07/08/23 10:26	07/08/2023	08/08/23	< 10,0	< 17,0	< LD
	Romans	07/08/23 10:32	11/09/23 12:06	11/09/2023	12/09/23	< 8,0	< 10,0	< LD
	Valence	26/06/23 08:21	24/07/23 08:37	24/07/2023	26/07/23	< 11,0	< 16,0	< LD
	Valence	24/07/23 08:44	28/08/23 07:12	28/08/2023	28/08/23	< 10,0	< 15,0	< LD
	Valence	28/08/23 07:28	25/09/23 07:30	25/09/2023	25/09/23	< 12,0	< 18,0	< LD
	Montélimar	05/06/23 08:36	03/07/23 12:01	03/07/2023	03/07/23	< 10,0	< 14,0	< LD
	Montélimar	03/07/23 12:08	31/07/23 12:18	31/07/2023	01/08/23	< 11,0	< 14,0	< LD
	Montélimar	31/07/23 12:26	04/09/23 12:19	04/09/2023	04/09/23	< 8,0	< 11,0	< LD
	Avignon	06/06/23 13:05	04/07/23 08:14	04/07/2023	05/07/23	< 10,0	< 12,0	< LD
	Avignon	04/07/23 08:22	01/08/23 11:41	01/08/2023	03/08/23	< 9,0	< 14,0	< LD
Avignon	01/08/23 11:49	05/09/23 07:50	05/09/2023	07/09/23	< 9,0	< 11,0	< LD	

Les résultats sont exprimés en microbecquerels par mètre cube d'air à la date de mesure.

(*) Parmi les autres radionucléides artificiels émetteurs gamma relevés (liste non exhaustive) figurent notamment le manganèse 54, le cobalt 60, le ruthénium-rhodium 106, l'iode 129, l'iode 131, l'américium 241,... les limites de détection typiques sont de l'ordre de 3 à 65 microbecquerels par mètre cube d'air.

Commentaires :

L'activité des radionucléides artificiels émetteurs gamma recherchés est restée inférieure aux limites de détection dans les analyses de filtres aérosols.

II/ Résultats des analyses de cartouches par spectrométrie gamma

Media filtrant	Station	Air échantillonné		Date de prélèvement	Date d'analyse	Iode 131 (microBq/m ³)	Autres radionucléides artificiels émetteurs gamma* (microBq/m ³)
		du	au				
Cartouche de charbon actif (piégeage spécifique de la forme gazeuse de l'iode 131)	Romans	03/07/23 10:27	10/07/23 09:48	10/07/2023	11/07/23	< 110	< LD
	Romans	31/07/23 10:35	07/08/23 10:26	07/08/2023	08/08/23	< 200	< LD
	Romans	04/09/23 10:35	11/09/23 12:06	11/09/2023	12/09/23	< 200	< LD
	Valence	17/07/23 12:00	24/07/23 08:37	24/07/2023	24/07/23	< 140	< LD
	Valence	21/08/23 07:33	28/08/23 07:12	28/08/2023	28/08/23	< 110	< LD
	Valence	18/09/23 08:10	25/09/23 07:30	25/09/2023	25/09/23	< 120	< LD
	Montélimar	26/06/23 12:16	03/07/23 12:01	03/07/2023	04/07/23	< 110	< LD
	Montélimar	24/07/23 12:13	31/07/23 12:18	31/07/2023	01/08/23	< 90	< LD
	Montélimar	28/08/23 12:37	04/09/23 12:19	04/09/2023	05/09/23	< 110	< LD
	Avignon	29/08/23 08:00	05/09/23 07:50	29/08/2023	08/09/23	< 160	< LD

Les résultats sont exprimés en microbecquerels par mètre cube d'air à la date de mesure. Il convient de préciser que ces résultats représentent une activité moyenne calculée en supposant une contamination homogène sur la période d'exposition de la cartouche (généralement 6 ou 7 jours). En cas de contamination ponctuelle au cours de la période, il peut être nécessaire d'appliquer des facteurs correctifs.

(*) Parmi les autres radionucléides artificiels émetteurs gamma relevés (liste non exhaustive) figurent notamment le manganèse 54, le cobalt 60, le ruthénium 106, l'iode 129, le césium 134, le césium 137, l'américium 241,... les limites de détection typiques sont de l'ordre de 70 à 800 microbecquerels par mètre cube d'air.

Commentaires :

L'activité des radionucléides artificiels émetteurs gamma recherchés est restée inférieure aux limites de détection dans les analyses de cartouches.

III/ Résultats des analyses du prélèvement trimestriel de l'eau du Rhône

Les contrôles effectués en continu par la balise ont pour objet de lancer une alerte en cas de forte élévation de la radioactivité des eaux du Rhône pouvant résulter d'un accident grave. Mais ils ne permettent pas de déceler la présence de radionucléides imputables aux rejets autorisés des installations nucléaires en fonctionnement normal. Il faut pour cela procéder à des analyses beaucoup plus fines en laboratoire. Le budget disponible permet de réaliser deux contrôles ponctuels par trimestre : recherche des radionucléides émetteurs gamma et du tritium.

En situation courante, un échantillon d'eau du Rhône est prélevé une fois par trimestre par le service hygiène santé de la mairie d'Avignon en amont du Pont Saint-Bénézet sur l'ancien site de la capitainerie à Avignon et analysé par le laboratoire CRIIRAD. Ce type de contrôle peut également être réalisé sans délai en cas de détection de contamination par la balise, grâce au service d'astreinte permanent du service hygiène santé de la mairie d'Avignon et du laboratoire CRIIRAD. Un échantillon d'eau du Rhône a été prélevé à proximité du Pont Saint-Bénézet par un technicien de la Ville le 05/09/2023.

A/ Résultat de l'analyse par spectrométrie gamma

Eau du Rhône	Date de prélèvement	Date d'analyse	N° d'analyse	I 131 (Bq/l)	Cs 137 (Bq/l)	K 40 (Bq/l)
3è trimestre	05/09/23 12:00	15/09/23	32 298	< 0,19	< 0,09	< 4,9

Légende ± : indique la marge d'incertitude associée à la mesure.
< : signifie que le radionucléide n'a pas été détecté. Cela ne signifie pas qu'il est absent, mais la méthode de mesure permet de garantir à une forte probabilité que s'il était présent son activité ne dépasserait pas la limite de détection.

Les résultats sont exprimés en becquerels par litre à la date de mesure.

Commentaires :

L'activité des radionucléides artificiels émetteurs gamma recherchés est restée inférieure aux limites de détection dans les analyses d'eau brute.

B/ Recherche du tritium

Trimestre	Date de prélèvement	Période de comptage		Activité en tritium Bq/l
		Début	Fin	
3è trimestre	05/09/2023 12:00	03/10/2023	09/10/2023	2,3 ± 0,9

Le tritium étant un radionucléide émetteur bêta pur, il est recherché au moyen d'un comptage par scintillation liquide sur eau brute (sans distillation).

Commentaires :

Du tritium est détecté avec une activité de **2,3 Bq/l**.

L'activité mesurée est inférieure à la valeur paramétrique de 100 Bq/l fixée par le code de la santé publique comme référence de qualité pour les eaux potables mais elle est nettement supérieure au bruit de fond naturel.

Ce résultat indique un impact anthropique très probablement lié aux rejets des installations nucléaires situées le long de la Vallée du Rhône en amont d'Avignon.

Le tritium (isotope radioactif de l'hydrogène) représente en effet plus de 99,9 % des rejets radioactifs liquides effectués par les centrales électronucléaires. Les rejets annuels de tritium sont de plusieurs dizaines de TBq par centrale (1 TBq = mille milliards de Bq).

L'étude réalisée par le laboratoire de la CRIIRAD en 2007 a montré une contamination chronique des végétaux aquatiques du Rhône par le tritium organiquement lié. Voir <http://www.criirad.org/radioactivite-milieu-aquatique/eaux-de-surface/sommaire.html>.

Le tritium présent dans l'eau est transféré en partie à la faune et à la flore aquatique ainsi qu'au milieu terrestre, à la chaîne alimentaire (irrigation, boisson) et in fine à l'homme. Les rejets des installations nucléaires de la vallée du Rhône induisent ainsi une contamination chronique de l'environnement.

L'évaluation des conséquences biologiques de cette contamination fait l'objet de vives controverses dans la communauté scientifique.

EN SAVOIR PLUS SUR LES BALISES

Fonctionnement d'une balise atmosphérique, Fonctionnement d'une balise aquatique, consulter notre site internet à l'adresse : <http://balises.criirad.org/aide.htm>.

FOCUS : COMMENT PASSER DES BQ/M² AU DEBIT DE DOSE

AMBIANT ?

*Rédaction : Bruno CHAREYRON, CRIIRAD. Le contenu ci-dessous est extrait d'un document réalisé pour la Ville de Genève et destiné à tout public.

Comment estimer l'irradiation externe (à moyen terme) induite par la contamination des sols à partir de cartes de retombées exprimées en Becquerels par mètre carré (Bq/m²)?

Contexte

Il s'agit ici de donner des éléments de méthodologie permettant d'effectuer une estimation de la **dose** liée à l'**exposition externe**, à moyen terme, lorsque l'on vit sur un territoire contaminé par des retombées après une catastrophe nucléaire. Elle s'applique au cas où l'on dispose de cartes des retombées donnant des valeurs moyennes considérées comme représentatives du territoire où l'on vit.

Pour faire une évaluation plus précise, mieux vaut utiliser des **mesures de débit de dose** effectuées directement sur le terrain en question (voir fiche S4).

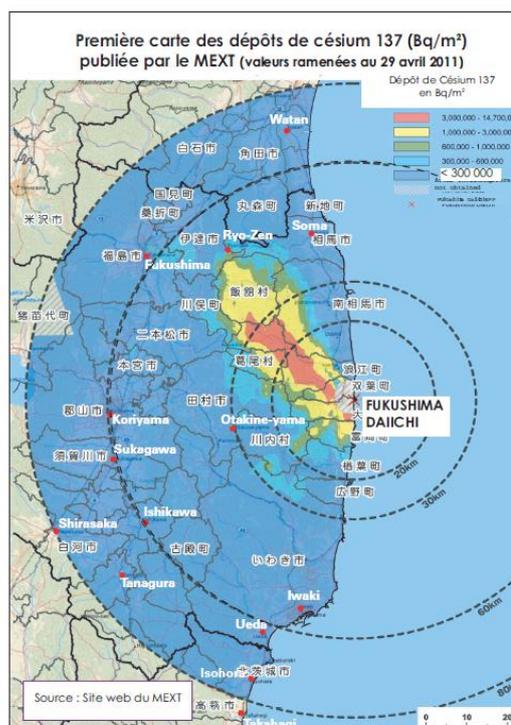
Cette fiche s'applique à la phase qui **démarre plusieurs semaines après les retombées**, lorsque les substances radioactives à période courte se sont désintégrées (voir fiche S5), et que les radionucléides **émetteurs gamma** prépondérants sont à **période longue**. L'expérience des catastrophes de Tchernobyl et de Fukushima montre qu'il s'agit principalement du **césium 134** et du **césium 137**.

Rappelons que pour estimer la dose « artificielle » totale, il faut ajouter à la dose par irradiation externe (objet de la présente fiche), les doses liées à la contamination interne (ingestion et inhalation).

Rechercher les cartes donnant les niveaux de retombées en césium 137 en Bq/m²

Nous partons ici du principe que l'on dispose de cartes suffisamment précises qui portent sur les retombées surfaciques de césium 137, au niveau du sol, exprimées en becquerels par mètre carré (Bq/m²).

Nous reproduisons par exemple ci-après la première carte officielle des dépôts de césium 137 suite à la catastrophe de Fukushima. Elle a été publiée par les autorités japonaises le **6 mai 2011**. On constate que la contamination s'étend bien au-delà du périmètre d'évacuation de 20 kilomètres (1er cercle). Dans la zone de 30 à 60 km, en particulier au nord-ouest de la centrale, des territoires ont reçu des dépôts de césium 137 estimés entre **1 et 3 millions de Bq/m²** (couleur jaune).



Première carte des dépôts de césium 137 (Bq/m²) publiée par les autorités japonaises, zone des 80 km : valeurs ramenées au 29 avril 2011

D'autres cartes publiées plusieurs mois après montreront que des retombées significatives, de plusieurs dizaines de milliers de becquerels par mètre carré de césium 137 ont atteint des zones situées à plus de 150 kilomètres de la centrale accidentée.



Cartes des dépôts de césium 137 (Bq/m²) publiée par les autorités japonaises : valeurs ramenées au 5 novembre 2011

Nous prendrons l'exemple d'une famille dont la propriété est située à plus de 60 kilomètres de la centrale de Fukushima Daiichi, dans une zone où les retombées initiales en **césium 137** ont été de **100 000 Bq/m²**. Cette famille n'a pas été évacuée de manière obligatoire au moment de la catastrophe de Fukushima. Elle s'est « auto évacuée », à plus de 300 kilomètres, dans une ville peu touchée par les retombées. Elle y a vécu jusqu'au 1^{er} septembre 2011. A cette date, elle s'interroge sur la dose **qu'elle risquerait de subir, pendant une année** à partir du 1^{er} septembre 2011, si elle décidait de revenir à son domicile.

Rechercher les niveaux de retombées en césium 134 en Bq/m²

Dans certains cas, on ne dispose que des résultats de retombées de césium 137. Dans d'autres, il est possible de se procurer des cartes portant spécifiquement sur les retombées de césium 134. Pour évaluer les risques d'irradiation externe à moyen terme, il faut prendre en compte ces deux isotopes du césium. En l'absence d'information, il est toujours possible de déduire les retombées de césium 134 à partir de celles du césium 137 en recherchant le **ratio** typique⁷ des activités **Cs 137 / Cs 134** au moment des retombées initiales dans diverses sources (services officiels, laboratoires universitaires, laboratoires indépendants, etc.).

Recalculer le niveau résiduel théorique de retombées (Bq/m²) à un instant t

⁷Ce ratio dépend de nombreux paramètres (type de réacteur, type de combustible, taux d'irradiation du combustible, etc.).

Lorsqu'on travaille sur ces notions de retombées initiales ou de radioactivité résiduelle présente à la surface du sol quelques semaines, mois, ou années après les retombées, une attention particulière doit être apportée à la date à laquelle sont exprimées les données.

Le tableau 1 ci-dessous affiche les facteurs de décroissance de la radioactivité du césium 137 et du césium 134 en fonction du temps écoulé noté d, après un temps initial noté t₀.

Radionucléide		Cs 137		Cs 134	
Période physique (années)		30,0		2,06	
(d) Temps écoulé (mois)	(d) Temps écoulé (année)	Ratio : Cs137 à t ₀ +d / Cs 137 à t ₀	Pourcentage de Cs 137 restant à t ₀ +d	Ratio : Cs134 à t ₀ +d / Cs 134 à t ₀	Pourcentage de Cs 134 restant à t ₀ +d
1	0,082	0,998	99,8%	0,973	97,3%
2	0,164	0,996	99,6%	0,946	94,6%
3	0,246	0,994	99,4%	0,920	92,0%
6	0,500	0,989	98,9%	0,845	84,5%
12	1,0	0,977	97,7%	0,714	71,4%
18	1,5	0,966	96,6%	0,604	60,4%
24	2,0	0,955	95,5%	0,510	51,0%
30	2,5	0,944	94,4%	0,431	43,1%
36	3	0,933	93,3%	0,364	36,4%
60	5	0,891	89,1%	0,186	18,6%
120	10	0,794	79,4%	0,085	8,5%

Tableau 1 : décroissance de l'activité du césium 137 et 134 au cours du temps

Dans le cas du **césium 137**, dont la période physique est de 30 ans, des différences de date de quelques mois n'ont pas beaucoup d'importance. Comme indiqué dans le tableau 1, après **une année**, les phénomènes de désintégration ne vont diminuer l'activité du césium 137 que de 0,977 soit **moins de 3 %**.

La contamination en **césium 134** (période physique d'environ 2 ans) va par contre décroître beaucoup plus rapidement que celle du césium 137. Comme indiqué dans le tableau 1, les phénomènes de désintégration vont diminuer l'activité du césium 134 de 0,714 après **une année**, soit une baisse d'environ **30 %**. Au bout de 2 ans (soit une durée correspondant à une période physique), l'activité sera divisée par 2.

Il faut donc vérifier à quelle date sont exprimés les dépôts de césium 134 sur les documents que l'on utilise.

Pour faire soi-même des calculs de décroissance, on doit utiliser la fonction mathématique « *exponentielle* » disponible sur de nombreuses calculatrices, tableaux sur ordinateur ou sur le web. L'activité résiduelle A₂ au temps t₂ est égale à l'activité initiale A₁ au temps t₁ multipliée par la fonction : « exponentielle (-0,693*d/T) ».

$$A_2 = A_1 * \text{« exponentielle } (-0,693*d/T) \text{ »}.$$

Dans cette équation :

- d est la durée écoulée entre t₁ et t₂ soit d = t₂-t₁

- T est la période physique du radionucléide. Attention : bien penser à exprimer d et T dans la même unité. Par exemple si d est en « jours » et T en « années », il faut convertir T en jours, etc.

Exemple

Question : le dépôt cumulé de **césium 134** était $A_1=100\ 000\ \text{Bq/m}^2$ le 15 mars 2011. Quelle est l'activité résiduelle théorique A_2 , le 1 septembre 2011 ?

Réponse : la durée écoulée entre les deux dates est $d=170$ jours. La période physique du césium 134 est $T=2,06$ ans soit environ 752 jours. Le ratio d/T vaut $170/752 = 0,226$ *exponentielle(-0,693*d/T) = exponentielle(-0,693*0,226) = 0,855

L'activité résiduelle A_2 , le 1^{er} septembre est donc :

$$A_2 = A_1 * \text{«exponentielle } (-0,693*d/T) \text{ »} = 100\ 000\ \text{Bq/m}^2 * 0,855 = 85\ 500\ \text{Bq/m}^2.$$

Convertir les niveaux de retombées (Bq/m²) en débit de dose (μSv/h) à un instant t

On trouve dans la littérature⁸ des coefficients moyens⁹ permettant de calculer le débit de dose gamma, à 1 mètre au-dessus du sol, en fonction de la contamination surfacique (retombées) pour chaque radionucléide concerné.

Nous reproduisons dans le tableau 2 ci-dessous les valeurs retenues officiellement aux USA et en Suisse. L'écart est inférieur à 5 % entre les deux sources. Pour la suite du calcul nous retiendrons les valeurs du Conseil Fédéral Suisse, soit :

- Pour le **césium 137** : **2,01 μSv/h pour 1 million de Bq/m²**.
- Pour le **césium 134** : **5,3 μSv/h pour 1 million de Bq/m²**.

La comparaison de ces 2 coefficients montre qu'à nombre de becquerels identiques, le césium 134 est 2,6 fois plus « irradiant » que le césium 137. Ceci est dû au fait que sa désintégration donne lieu à des émissions de rayonnements gamma plus nombreuses avec, pour certains rayonnements, une énergie supérieure à la raie gamma principale émise par le césium 137 (rappelons que la dose est liée à la quantité d'énergie déposée dans les tissus par les radiations).

⁸Voir par exemple : <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20163016/index.html#app6ahref1>

⁹Ces coefficients sont donnés à titre indicatif pour une première évaluation. En effet, le débit de dose dépend, entre autres, de la

Référence	Radionucléide	Cs 137 (en équilibre avec Ba137m)	Cs 134
	Période physique (années)	30,0	2,06
	Unité	Facteur de conversion	
A / Etats Unis : Federal Guidance Report N°12 (Eckerman et Ryman, septembre 1993)	Sv/s par Bq/m ² ^(a)	5,86E-16	1,52E-15
	μSv/h par Bq/m ²	2,11E-06	5,47E-06
	μSv/h pour 1 million de Bq/m ²	2,11	5,47
B : Conseil Fédéral Suisse (Ordonnance sur la radioprotection), 26 avril 2017	mSv/h par Bq/m ² ^(a)	2,0E-09	5,3E-09
	μSv/h par Bq/m ²	2,0E-06	5,3E-06
	μSv/h pour 1 million de Bq/m ²	2,01	5,30
Ecart B/A		0,953	0,969

(a) valeur issue du document original

Tableau 2 : facteurs permettant d'évaluer le débit de dose gamma, à 1 mètre du sol, en fonction de l'activité du césium 137 et 134 déposée au sol

On peut trouver dans les documents originaux ce type de facteurs pour des dizaines d'autres radionucléides. Il faut veiller à bien vérifier les unités de mesure et prêter attention aux cas où, pour certains éléments radioactifs, il faut tenir compte non seulement des radiations émises directement par l'atome qui se désintègre, mais aussi de celles émises par le produit de cette désintégration, lorsque ce dernier est lui-même radioactif. C'est le cas par exemple pour le césium 137 qui émet très peu de rayonnement gamma en se désintégrant mais donne naissance au baryum 137^m qui lui est un puissant émetteur de radiations gamma. C'est pourquoi dans le tableau 2 nous avons indiqué le coefficient « total » pour le césium 137 en équilibre avec le baryum 137^m.

Dans l'exemple détaillé ici, nous considérons un niveau de retombées initiales en mars 2011 de 100 000 Bq/m² pour le césium 137 et une valeur quasi identique pour le césium 134 (en valeur arrondie).

Nous avons vu que du fait de la désintégration de ces deux substances radioactives, la radioactivité résiduelle le 1^{er} septembre 2011 est respectivement, en valeur arrondie de **100 000 Bq/m²** pour le **césium 137** et **85 500 Bq/m²** pour le **césium 134**.

En multipliant ces chiffres par les facteurs de conversion ad hoc du tableau 2, on peut facilement calculer le débit de dose « artificiel » induit par la désintégration des atomes de césium 137 et 134. En date du premier septembre 2011 on obtient respectivement **0,2 μSv/h** et **0,45 μSv/h** soit un total de **0,65 μSv/h**. Une telle valeur est 6,5 fois supérieure au débit de dose ambiant « naturel » qui est, dans beaucoup de régions du monde, de l'ordre de 0,1 μSv/h. En revenant vivre à son domicile, cette famille va

répartition du dépôt dans le sol (profondeur de pénétration) et de la densité du sol.

recevoir 6,5 fois plus de radiations, pour chaque heure passée, que la valeur existant avant la catastrophe.

Evaluer les doses cumulées pour une personne qui reste en extérieur

Une personne qui reste sur ce terrain contaminé pendant **24 heures**, debout à l'extérieur, recevra une dose « artificielle » de $0,65 \mu\text{Sv/h} \times 24 \text{ h} = 15,6 \mu\text{Sv}$.

Si cette situation dure **1 mois** (soit en moyenne 30 jours) on obtient un cumul mensuel arrondi de **469 μSv** .

Au bout de 12 mois, le cumul « annuel » arrondi sera d'environ $12 \times 469 \mu\text{Sv} = 5\ 600 \mu\text{Sv}$.

Mais cette estimation ne tient pas compte du fait que le l'activité du césium 134 décroît régulièrement.

Dans le tableau 3 ci-après est effectué un calcul plus précis en tenant compte¹⁰ de cette décroissance.

On obtient sur 12 mois une dose de **5 155 μSv** soit une valeur **5 fois supérieure à la dose maximale annuelle admissible**.

Il s'agit ici d'une **estimation** que l'on peut considérer être **par « excès »** puisque l'on ne passe pas (en général) tout son temps à l'extérieur. Une personne qui va passer un part importante de son temps à l'intérieur de bâtiments va recevoir une dose plus faible dans la mesure où les murs vont atténuer une partie des radiations gamma émises par les sols contaminés.

Paramètres de calcul	
Date de référence des retombées initiales	15/03/2011
Activité initiale des retombées de césium 137	100 000 Bq/m ²
Ratio initial arrondi : Cs 137 / Cs 134	1
Facteur de conversion Cs 137	2,01E-06 $\mu\text{Sv/h} / \text{Bq/m}^2$ (source : Suisse / ORA 2017)
Facteur de conversion Cs 134	5,30E-06 $\mu\text{Sv/h} / \text{Bq/m}^2$ (source : Suisse / ORA 2017)

Date	Temps écoulé depuis 15 mars 2011 (jours)	Cs 137 (Bq/m ²)	Débit de dose Cs 137 ($\mu\text{Sv/h}$)	Cs 134 (Bq/m ²)	Débit de dose Cs 134 ($\mu\text{Sv/h}$)	Débit de dose artificiel total : Cs 137 + Cs 134 ($\mu\text{Sv/h}$)	Dose externe cumulée sur les 30 derniers jours si 100 % du temps en extérieur (μSv)
01/09/2011	170	98 930	0,20	85 504	0,45	0,65	
01/10/2011	200	98 743	0,20	83 173	0,44	0,64	469
01/11/2011	231	98 549	0,20	80 831	0,43	0,63	476
01/12/2011	261	98 363	0,20	78 628	0,42	0,61	451
01/01/2012	292	98 170	0,20	76 414	0,40	0,60	457
01/02/2012	323	97 978	0,20	74 263	0,39	0,59	448
01/03/2012	352	97 798	0,20	72 305	0,38	0,58	411
01/04/2012	383	97 606	0,20	70 270	0,37	0,57	431
01/05/2012	413	97 421	0,20	68 354	0,36	0,56	409
01/06/2012	444	97 230	0,20	66 430	0,35	0,55	415
01/07/2012	474	97 046	0,20	64 619	0,34	0,54	394
01/08/2012	505	96 856	0,19	62 800	0,33	0,53	400
01/09/2012	536	96 666	0,19	61 032	0,32	0,52	392

Cumul de dose théorique du 19/03/2011 au 19/09/2012 pour 100 % du temps passé en extérieur (microSieverts) 5 155

Tableau 3 : estimation de la dose externe cumulée du 1/9/2011 au 1/10/2012 pour une personne à l'extérieur
Tenir compte de scenarii plus pénalisants

Il peut cependant exister des situations particulières pour lesquelles la dose réellement subie pourra être supérieure. Par exemple :

- Si une personne passe du temps dans des **zones proches de son habitation** avec des taux de radiation nettement plus importants que sur son

¹⁰Il s'agit ici d'une prise en compte simplifiée en appliquant à chaque jour du mois le débit de dose évalué le premier jour du mois. Cela conduit à une très légère surestimation.

propre terrain (berge de rivière, milieu forestier, etc.).

- Les calculs ci-dessus sont valables à **1 mètre au-dessus du sol**, ce qui donne une bonne estimation de la dose au niveau des gonades pour une personne adulte qui est debout sur le sol. Mais, dans de nombreuses actions du quotidien, on se trouve à **quelques centimètres, voire au contact du sol** : travail des champs, chantier, camping, pique-nique, jeux d'enfants, etc... Dans ce cas, le débit de dose au contact du sol peut être nettement supérieur (la CRIIRAD a relevé au Japon des ratios contact/1 mètre ponctuellement **nettement supérieurs à 5**).

Exemples de facteurs de « protection » dans les bâtiments

Il est difficile d'estimer le niveau du débit de dose induit, dans un bâtiment, par les radiations gamma émises par les sols contaminés aux alentours. De nombreux paramètres sont à prendre en compte comme :

- La **distance** entre la source des radiations et le point de mesure. Le niveau de radiation diminue lorsque la distance augmente. Les valeurs seront plus basses au cœur du bâtiment et plus élevées lorsqu'on s'approche des parois qui délimitent l'intérieur et l'extérieur;
- La nature des **parois du bâtiment**. Des murs en béton atténuent beaucoup plus fortement les radiations que des parois en bois ou des vitres ;
- Les sources de radiation en dehors du sol lui-même, comme la contamination déposée **sur les toitures**, dans les **systemes d'évacuation des eaux**, etc. (cf. *fiche S3 sur les « points d'accumulation »*).

Des exemples de comparaisons entre valeurs de débit de dose en extérieur et en intérieur sont reportés dans le tableau 4 ci-après.

Les valeurs sont issues de mesures effectuées par la CRIIRAD, au Japon, préfecture de Fukushima, en mai 2011. Attention, il s'agit d'habitat traditionnel dont les murs sont peu denses.

Lieu : litate Nagadoro	Débit de dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Ratio intérieur / extérieur
Ferme, pelouse extérieur (1 m)	13,00	
Ferme, étable-hangar (1 m)	2,40	0,18
Maison traditionnelle salon centre (1 m)	2,51	0,19
Maison trad. salon contre fenêtre (1 m)	5,48	0,42

Lieu : Fukushima city / quartier Watari	Débit de dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Ratio intérieur / extérieur
Pelouse, entrée terrain sport (1 m)	2,9	
Entrée maison (jardin paysager) (1 m)	2,2	
Dans maison (salon) 1m	0,6	0,27
Dans maison (tatamis chambre) contact	0,38	0,17

Tableau 4 : Mesures de débit de dose effectuées fin mai 2011 par la CRIIRAD dans la préfecture de Fukushima. Comparaisons entre intérieur et extérieur des habitations

Dans l'exemple de la ferme à litate-Nagadoro, le débit de dose mesuré en extérieur était de 13 $\mu\text{Sv/h}$. A l'intérieur, il était encore de 5,48 $\mu\text{Sv/h}$ dans le salon (contre la fenêtre) et de 2,5 $\mu\text{Sv/h}$ au centre du salon. Pour calculer le débit de dose à l'intérieur, il faut donc multiplier les valeurs mesurées à l'extérieur par **0,19** et **0,42** respectivement.

Dans la ville de Fukushima, quartier Watari, au niveau d'une maison individuelle, le débit de dose mesuré en extérieur dans le jardin était de 2,2 $\mu\text{Sv/h}$. A l'intérieur, il était encore de 0,6 $\mu\text{Sv/h}$ dans le salon (à 1 mètre du sol) et de 0,38 $\mu\text{Sv/h}$ au contact du tatami là où dorment les enfants. Pour calculer le débit de dose à l'intérieur il faut donc multiplier les valeurs mesurées à l'extérieur par **0,27** et **0,17** respectivement.

Attention des valeurs différentes de ces « facteurs de protection » seraient à considérer pour d'autres types de constructions et d'architectures.

Il faut noter également qu'au cours du temps, avec la disparition progressive du césium 134, les niveaux de protection offerts par les parois des bâtiments devraient naturellement augmenter car l'essentiel des rayonnements seront émis par le césium 137, à un niveau d'énergie (donc avec un pouvoir de pénétration) sensiblement inférieur à celui des rayonnements gamma émis par le césium 134.

Construction de scénarii réalistes tenant compte de la présence dans les bâtiments

Nous proposons dans le tableau 5 ci-dessous, toujours pour un terrain ayant subi une retombée initiale de 100 000 Bq/m^2 de césium 137, une évaluation de la dose cumulée, du 1^{er} septembre 2011 au 1er octobre 2012, pour les habitants du secteur, en fonction de divers scénarii (variation du temps passé à l'extérieur et à l'intérieur, différents facteurs d'atténuation par les murs de l'habitation).

On obtient dans ces trois exemples des doses cumulées (arrondies) comprises entre 2 700 et 3 500 microSieverts.

Ces valeurs plus « réalistes » correspondent donc à la dose de 5 155 microSieverts, calculée en supposant que l'on passe 100 % du temps à l'extérieur, multipliée, selon les scénarii, par un facteur **0,52 à 0,69**.

Dose (irradiation externe) sur 12 mois pour 100 % du temps à l'extérieur **5 155 microSieverts**

Scénario 1

Lieu	Extérieur	Intérieur proche fenêtre (1 m)	Intérieur centre pièce (1 m)
Pourcentage de temps passé	40%	20%	40%
Facteur d'atténuation	1	0,42	0,19
Facteur correctif	0,40	0,08	0,08

Facteur correctif combiné **0,56**

Dose pour scénario N°1 **2 893 microSieverts**

Scénario 2

Lieu	Extérieur	Intérieur proche fenêtre (1 m)	Intérieur centre pièce (1 m)
Pourcentage de temps passé	50%	40%	10%
Facteur d'atténuation	1	0,42	0,19
Facteur correctif	0,50	0,17	0,02

Facteur correctif combiné **0,69**

Dose pour scénario N°2 **3 546 microSieverts**

Scénario 3

Lieu	Extérieur	salon (1 m)	couchage (tatami) / contact sol
Pourcentage de temps passé	40%	20%	40%
Facteur d'atténuation	1	0,27	0,17
Facteur correctif	0,40	0,05	0,07

Facteur correctif combiné **0,52**

Dose pour scénario N°3 **2 691 microSieverts**

Tableau 5 : évaluation de la dose externe artificielle cumulée en fonction de scénarii de vie pour un terrain contaminé par 100 000 Bq/m^2 de césium 137 (en tenant compte du césium 134 associé). Période : 1/09/2011 au 1/10/2011.

ANNEXE : Interprétation des graphiques présentant les résultats du réseau de balises de la CRIIRAD

Une codification a été mise en place sur les graphiques mis en ligne, au niveau de l'encart « Observations », pour renseigner des événements particuliers. Cette codification est explicitée ci-dessous.

A/ Les balises sont des outils de surveillance de la radioactivité fonctionnant 24h/24 toute l'année. Ce fonctionnement en continu est nécessairement rythmé par la survenue d'événements programmés tout au long de l'année (prélèvements hebdomadaires aux balises atmosphériques, interventions de maintenance), voir tableau A.

B/ Il peut se produire également des événements non programmés (dysfonctionnements mécaniques ou électroniques, pannes,...), voir tableau B.

C/ Lorsque des résultats de mesure sont atypiques, ils font l'objet d'une codification explicitée dans le tableau C.

CODIFICATION DES EVENEMENTS SURVENANT AUX BALISES	
<i>Tableau A / Evénements techniques programmés (prélèvement hebdomadaire aux balises atmosphériques, maintenance,...)</i>	
C	Prélèvement de la cartouche à charbon actif (balise atmosphérique) : la fréquence de prélèvement est hebdomadaire. Des prélèvements en urgence sont effectués si nécessaire.
F	Prélèvement du filtre aérosols (balise atmosphérique) : la fréquence de prélèvement est mensuelle, sauf s'il est nécessaire de remplacer le rouleau de filtre ou en cas d'anomalie nécessitant une intervention en urgence.
F/C	Prélèvement simultané du filtre aérosols et de la cartouche à charbon actif (balise atmosphérique)
MAINT	Intervention de maintenance du laboratoire CRIIRAD et/ou d'un prestataire

CODIFICATION DES EVENEMENTS SURVENANT AUX BALISES

Tableau B / Evénements techniques non programmés (dysfonctionnements techniques, pannes, arrêt balise...)

COM	Problème de communication pour la transmission des données entre la balise et la centrale de gestion nécessitant ou ayant nécessité une (des) intervention(s) à la balise
DYS	Dysfonctionnement technique (rupture de filtre aérosols, arrêt d'une pompe, panne électronique, panne de compresseur, ...)
.	Arrêt ponctuel de la balise, pour une durée inférieure à 6 heures (typiquement : coupure de l'alimentation électrique ponctuelle)
[Début de période d'arrêt de la balise (dans le cas d'un arrêt d'une durée supérieure à 6 heures)
]	Fin de période d'arrêt de la balise (dans le cas d'un arrêt d'une durée supérieure à 6 heures)
AUTRE	Evénement ne rentrant pas dans une des catégories précédemment citées

CODIFICATION DES EVENEMENTS SURVENANT AUX BALISES

Tableau C/ Résultats de mesure sortant de l'ordinaire

RN	Dépassement(s) alpha et (ou) bêta direct (balises atmosphériques) lié(s) à un pic d'activité volumique en radon
P	Pic d'activité volumique (balise aquatique d'Avignon) ou pic de débit de dose gamma ambiant (sondes gamma) en lien avec des épisodes de précipitations ou des crues (lessivage des descendants émetteurs gamma du radon)
CONT-S	Contamination suspectée, analyses complémentaires en cours
CONT-A	Contamination avérée, voir document spécifique

Auteur : Jérémie Motte, Ingénieur environnement, Responsable du service balises au laboratoire de la CRIIRAD

Approbation : Bruno Chareyron, Ingénieur en physique nucléaire, Directeur du laboratoire CRIIRAD.

LABORATOIRE CRIIRAD

Le laboratoire de la CRIIRAD est un laboratoire d'analyse spécialisé dans les mesures de radioactivité et agréé par l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) pour les mesures de radioactivité de l'environnement et les contrôles radon (voir portée de l'agrément sur le site <http://www.criirad.org/laboratoire/agrements.html> . Il est placé sous la responsabilité de M. Bruno CHAREYRON, ingénieur en physique nucléaire.



RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Bruno CHAREYRON



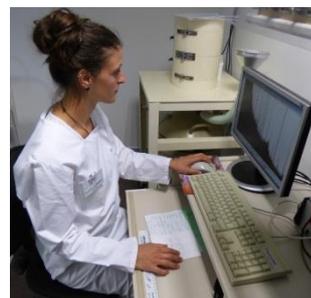
RESPONSABLE DU SERVICE DE GESTION DES BALISES

Jérémy MOTTE



RESPONSABLE SERVICE RADON

Julien SYREN



RESPONSABLE SERVICE PREPARATION ET ANALYSES

Marion JEAMBRUN



INTERVENTIONS HEBDOMADAIRES, ANALYSES

Stéphane PATRIGEON



SCRUTATION DES DONNEES

Stéphane MONCHÂTRE



PREPARATION DES ECHANTILLONS

Sara ORTUNO



RESPONSABLE QUALITE

Manon CAVALIER

EQUIPE D'ASTREINTE

Manon CAVALIER, Bruno CHAREYRON, Marion JEAMBRUN, Jérémy MOTTE, Stéphane PATRIGEON, Julien SYREN.